

## The comparison of the electromyography activity of selected muscles of the ankle joint in athletes with ankle dorsiflexion range of motion limitation with healthy athletes during the single-leg jump landing

Mohammad Kalantariyan <sup>\*1</sup>, Hooman Minoonejad <sup>2</sup>, Reza Rajabi <sup>3</sup>, Ramin Beyranvand <sup>4</sup>, Ali Zahiri <sup>5</sup>

<sup>1</sup> MSc in corrective exercise and sport injury, university of Tehran. Tehran. Iran (Corresponding Author) Mkalantariyan@ut.ac.ir

<sup>2</sup> Assistant Professor, Department of Sport Medicine, University of Tehran. Tehran. Iran

<sup>3</sup> Professor, Department of Sport Medicine, University of Tehran. Tehran. Iran

<sup>4</sup> PHD student in sport injury, Shahid Ba Honar, University of Kerman. Kerman. Iran

<sup>5</sup> MSc in Motor Control, university of Tehran. Tehran. Iran

Article received on: 2012.12.12      Article accepted on: 2013.7.3

### Abstract

**Background and Aim:** Limitation of ankle dorsiflexion range of motion as the most important risk factors for ankle sprain injury can cause disorders in neuromuscular control of muscles around the ankle. The aim of this study was to compare the EMG activity of selected muscles around the ankle joint of those athletes with ankle dorsiflexion range of motion limitation with healthy Athletes during the single-leg jump landing.

**Materials and Methods:** Fifteen male athletes with ankle dorsiflexion range of motion limitations were categorized as the group with limitation and the same number of male athletes without limitation in ankle dorsiflexion range of motion as the healthy group. Universal goniometer was used to measure range of motion of the ankle. EMG activity of selected muscles of the ankle during single-leg jump landing task was recorded. A multivariate analysis of variance was used to compare the EMG activity of the muscles between groups. The significance level for all analyses was set as  $p \leq 0/05$ .

**Results:** The results showed that Peroneus Longus, Lateral Gastrocnemius and Soleus muscles in the athletes with motion limitation had significantly lower levels of activity than control group. But the Tibialis Anterior muscle activity was not significantly different between the two groups ( $p \leq 0/05$ ).

**Conclusions:** The reduction in muscle activity observed in the group with motion limitation can be attributed to changes in preplanned programs of the motor control of nervous system and proprioceptive afferent messages disorder of ankle joint.

**Keywords:** EMG activity, limitation of ankle dorsiflexion, athlete, single-leg jump landing

**Cite this article as:** Mohammad Kalantariyan, Hooman Minoonejad, Reza Rajabi, Ramin Beyranvand, Ali Zahiri. The comparison of the electromyography activity of selected muscles of the ankle joint in athletes with ankle dorsiflexion range of motion limitation with healthy athletes during the single-leg jump landing. J Rehab Med 2013; 2(2): 14-23.

## مقایسه میزان فعالیت الکترومیوگرافی عضلات منتخب مچ پا در ورزشکاران دارای محدودیت حرکتی دورسی فلکشن مچ پا با ورزشکاران سالم، حین پرش فرود تک پا

محمد کلانتریان<sup>۱\*</sup>، دکتر هومن مینونژاد<sup>۲</sup>، دکتر رضا رجیبی<sup>۳</sup>، رامین بیرانوند<sup>۴</sup>، علی ظهیری<sup>۵</sup>

۱. کارشناس ارشد آسیب شناسی ورزشی و حرکات اصلاحی دانشگاه تهران. تهران. ایران

۲. استادیار گروه طب ورزش دانشگاه تهران. تهران. ایران

۳. استاد گروه طب ورزش دانشگاه تهران. تهران. ایران

۴. دانشجوی دکتری آسیب شناسی ورزشی دانشگاه باهنر کرمان. ایران

۵. دانشجوی کارشناسی ارشد کنترل حرکتی دانشگاه تهران. تهران. ایران

### چکیده

#### مقدمه و اهداف

محدودیت دامنه‌ی حرکتی دورسی فلکشن مچ پا به عنوان یکی از مهم‌ترین عوامل خطر ساز بروز آسیب اسپرین مچ پا می‌باشد که می‌تواند کنترل عصبی-عضلانی عضلات اطراف مچ پا را دچار اختلال کند. لذا هدف از تحقیق حاضر مقایسه‌ی میزان فعالیت الکترومیوگرافی منتخبی از عضلات اطراف مفصل مچ پای ورزشکاران دارای محدودیت دامنه‌ی حرکتی دورسی فلکشن مچ پا با ورزشکاران سالم، در حین انجام حرکت پرش\_فرود تک پا می‌باشد.

#### مواد و روش‌ها

۱۵ نفر ورزشکار مرد دارای محدودیت دامنه‌ی حرکتی دورسی فلکشن مچ پا در گروه دارای محدودیت و همین تعداد ورزشکار مرد فاقد محدودیت دامنه‌ی حرکتی دورسی-فلکشن مچ پا نیز در گروه سالم قرار گرفتند. برای اندازه‌گیری دامنه‌ی حرکتی مچ پا از گونیامتر یونیورسال استفاده شد. فعالیت الکترومیوگرافی عضلات پروئوس لانگوس، گاستروکنمیوس خارجی، سولئوس و تیبیالیس قدامی، حین انجام تکلیف پرش فرود تک پا ثبت شد. برای مقایسه میزان فعالیت الکترومیوگرافی عضلات بین دو گروه از روش آماری تحلیل واریانس چند متغیری استفاده شد. سطح معنی داری در تمام تجزیه و تحلیل‌های آماری  $P \geq 0.05$  در نظر گرفته شد.

#### یافته‌ها

نتایج تحقیق نشان داد که عضلات پروئوس لانگوس، گاستروکنمیوس خارجی و سولئوس در گروه ورزشکاران دارای محدودیت حرکتی، به‌طور معنی‌داری دارای میزان فعالیت کمتری نسبت به گروه کنترل می‌باشند. اما میزان فعالیت عضله‌ی تیبیالیس قدامی، در بین دو گروه تفاوت معنی‌داری نداشت ( $P \geq 0.05$ ).

#### نتیجه‌گیری

کاهش میزان فعالیت عضلات مچ پا که در گروه محدودیت حرکتی مشاهده شد را می‌توان به تغییر در برنامه‌های از پیش طراحی شده‌ی کنترل حرکتی سیستم عصبی و همچنین اختلال در پیام‌های آوران حس عمقی مفصل مچ پا نسبت داد.

#### واژگان کلیدی

فعالیت الکترومیوگرافی، محدودیت دورسی فلکشن مفصل مچ پا، ورزشکار، پرش فرود تک پا

بپذیرش مقاله ۱۳۹۱/۱۲/۱۶ \*

\* دریافت مقاله ۱۳۹۱/۹/۲۱

نویسنده مسئول: محمد کلانتریان، تهران. دانشکده تربیت بدنی دانشگاه تهران. تلفن تماس: ۰۹۱۲۸۳۱۶۱۶۸

آدرس الکترونیکی: mkalantariyan@ut.ac.ir

#### مقدمه

امروزه مردم دنیا به دلایل مختلف، گرایش بیشتری به سمت ورزش و فعالیت بدنی پیدا کرده‌اند. متناسب با این افزایش گرایش، میزان بروز صدمات و آسیب‌دیدگی‌ها نیز افزایش پیدا کرده است<sup>[۱]</sup>. نتایج تحقیقات نشان می‌دهد که مچ پا شایع‌ترین موضع بروز آسیب در بدن می‌باشد که ۲۵ درصد از کلیه آسیب‌های ورزشی را به خود اختصاص می‌دهد. همچنین در بین آسیب‌های مچ پا، اسپرین لیگامانهای جانب خارجی<sup>۵</sup> مچ پا، ۸۵ درصد از کلیه آسیب‌های مچ پا را تشکیل می‌دهد<sup>[۱-۳]</sup>.

<sup>5</sup> Lateral ankle sprain

میزان شیوع بالای اسپرین مچ پا و پیامدهای جانبی پس از آن، ضرورت شناخت عوامل خطر ساز و مکانیسم بروز این آسیب و همچنین اجرای برنامه‌های غربالگری جهت شناسایی افراد در معرض خطر و به‌کارگیری اقدامات پیشگیرانه از بروز این آسیب را بیان می‌دارد. کاهش دامنه‌ی حرکتی دورسی فلکشن مفصل مچ پا از جمله‌ی مهم‌ترین عواملی است که می‌تواند مچ پا را در معرض آسیب اسپرین قرار دهد<sup>[۶-۱۳]</sup>. بطوریکه Bradic و همکاران بیان می‌کنند که خطر آسیب اسپرین مچ پا در افرادی که انعطاف‌پذیری مناسبی در عضلات مچ پا ندارند، تا پنج برابر بیشتر از سایرین است<sup>[۱۳]</sup>. محققان معتقدند که انجام فعالیت‌های مهم ورزشی نظیر اسکات، دویدن و پرش و فرود، بهره‌مندی از دامنه‌ی دورسی فلکشن ۲۰ تا ۳۰ درجه را می‌طلبد<sup>[۹، ۱۴-۱۶]</sup>. لذا توجه به برخورداری از دامنه‌ی طبیعی حرکات مفصل مچ پا و انعطاف‌پذیری مناسب بافت‌های نرم اطراف مفصل، بخصوص انعطاف‌پذیری ساختارهای خلفی ساق پا برای انجام فعالیت‌های مختلف، به خصوص در افراد ورزشکار حیاتی می‌باشد.

مچ پا بیشترین ثبات را در وضعیت دورسی فلکشن و کمترین ثبات را در وضعیت پلانتر فلکشن دارد. محدودیت حرکتی دورسی فلکشن باعث می‌شود تا مچ پا در طی انجام فعالیت‌های مختلف، به دامنه‌ی انتهایی طبیعی دورسی فلکشن خود نرسد و در پلانتر فلکشن نسبی باقی بماند. این حالت باعث می‌شود تا مچ پا به حداکثر ثبات مکانیکی خود دست پیدا نکند و عدم دستیابی این مفصل به حداکثر ثبات مکانیکی خود، احتمال خطر ایجاد حرکت اینورژن غیرطبیعی را افزایش می‌دهد (مکانیسم بروز اسپرین مچ پا)<sup>[۱۴]</sup>.

نتایج تحقیقات نشان داده‌اند که کاهش دامنه‌ی حرکتی دورسی فلکشن مچ پا، علاوه بر تغییر در کینماتیک<sup>۷</sup> اندام تحتانی در حین انجام حرکات مختلف ورزشی، بر عملکرد عصبی-عضلانی اندام تحتانی نیز تأثیر گذاشته و فعالیت عضلات اطراف مچ پا را تغییر می‌دهد<sup>[۱۷-۱۹، ۲۰، ۲۱]</sup>. ماکروم و همکاران<sup>۸</sup> در تحقیقی با محدود کردن دامنه‌ی حرکتی دورسی فلکشن مچ پا از طریق قرار دادن یک تخته‌ی شیب‌دار در قسمت جلوی پای افراد، مشاهده کردند. این کاهش دامنه‌ی حرکتی دورسی فلکشن، علاوه بر تغییر در کینماتیک اندام تحتانی، فعالیت عضلات وستوس مدیالیس<sup>۹</sup> و وستوس لترالیس<sup>۱۰</sup> را کاهش، فعالیت عضله‌ی گاستروکنمیوس خارجی<sup>۱۱</sup> را بدون تغییر و فعالیت عضله‌ی سولئوس<sup>۱۲</sup> را افزایش می‌دهد<sup>[۱۷]</sup>.

اهمیت فعال‌سازی مناسب عضلات پروئال<sup>۱۳</sup> و عضلات پلانتر فلکسور مچ پا که نقش محافظتی و بسیار تعیین‌کننده‌ای در کنترل الگوهای حرکتی مچ پا به‌هنگام فرود ایفا می‌کنند، هم در مرحله‌ی قبل از تماس پا با زمین و هم در مرحله‌ی بعد از تماس پا با زمین، در تحقیقات مختلف مورد توجه قرار گرفته است<sup>[۲۲-۲۴]</sup>.

سیستم عصبی-عضلانی نقش بسیار تعیین‌کننده‌ای در فعال‌سازی عضلات اطراف مچ پا و پیشگیری از بروز آسیب اسپرین مچ پا دارد. این سیستم بوسیله‌ی بکارگیری دو مکانیسم فید فورورادی<sup>۱۴</sup> و فیدبکی، عضلات را فعال می‌کند<sup>[۴]</sup>. هر عاملی که عملکرد سیستم عصبی-عضلانی را دچار اختلال کند، می‌تواند مچ پا را در معرض آسیب قرار دهد. همانطور که گفته شد، کاهش دامنه‌ی حرکتی دورسی فلکشن مچ پا، یکی از عواملی است که می‌تواند سبب تغییر در عملکرد عصبی-عضلانی عضلات اطراف مچ پا شود و این مفصل را در معرض آسیب اسپرین قرار دهد. با این حال تعداد مطالعاتی که به بررسی تأثیر کاهش دامنه‌ی حرکتی دورسی فلکشن مچ پا بر عملکرد عصبی-عضلانی عضلات اطراف مفصل مچ پا پرداخته باشد، محدود و انگشت‌شمار است. اندک تحقیقاتی نیز که در این خصوص انجام شده است، عمدتاً بر روی افرادی بوده که خود بطور طبیعی دارای محدودیت دامنه‌ی حرکتی دورسی فلکشن مچ پا نبوده‌اند و محققان در آن تحقیقات با اعمال یک مداخله، دامنه‌ی حرکتی مچ پا را بصورت غیرطبیعی دست‌کاری کرده‌اند. لذا هدف از این تحقیق، مقایسه‌ی میزان فعالیت منتخبی از عضلات اطراف مفصل مچ پای پروئوس لانگوس<sup>۱۵</sup>، گاستروکنمیوس خارجی، سولئوس و تیبیالیس قدامی<sup>۱۶</sup> ورزشکاران دارای محدودیت دامنه‌ی حرکتی دورسی فلکشن مچ پا و ورزشکاران سالم، در حین انجام حرکت پرش\_ فرود تک پا می‌باشد.

<sup>6</sup> Closed packed

<sup>7</sup> Kinematic

<sup>8</sup> Macrum

<sup>9</sup> Vastus medialis

<sup>10</sup> Vastus lateralis

<sup>11</sup> Lateral gastrocnemius

<sup>12</sup> Soleus

<sup>13</sup> Proneal

<sup>14</sup> Feedforward

<sup>15</sup> Proneus longus

<sup>16</sup> Anterior tibialis

## مواد و روش‌ها

این تحقیق توصیفی - مقایسه‌ای بر روی ۱۵ ورزشکار مرد ۲۵-۲۰ ساله دارای محدودیت حرکتی دورسی فلکشن و ۱۵ ورزشکار مرد سالم انجام شد. نمونه‌های تحقیق به صورت هدفمند و در دسترس از بین دانشجویان عضو تیم‌های هندبال، بسکتبال و والیبال دانشگاه تهران، انتخاب شدند. نمونه‌های دو گروه از نظر پارامترهایی همچون سن، قد و وزن همسان انتخاب شدند. معیارهای خروج از تحقیق عبارت از سابقه اسپرین میچ پا در دو سال قبل از زمان اندازه‌گیری، وجود بی‌ثباتی عملکردی مفصل میچ پا، وجود بی‌ثباتی مکانیکی<sup>۱۷</sup> مفصل میچ پا، سابقه شکستگی یا جراحی مفاصل اندام تحتانی، سابقه آسیب لیگامانی یا منیسک در زانو، داشتن سابقه برنامه توان بخشی برای اندام تحتانی (در شش ماه قبل از زمان اندازه‌گیری)، وجود بیماری‌های سیستمیک مانند روماتیسم و دیابت و سابقه اختلالات سیستم وستیبولار<sup>۱۸</sup> (مشکلات تعادل) بود<sup>[۱۲]</sup>.

جهت اندازه‌گیری دامنه‌ی حرکتی دورسی فلکشن میچ پا برای تشخیص ورزشکارانی که دارای محدودیت حرکتی بودند، از گونیامتر یونیورسال استفاده شد. به همین منظور، از افراد خواسته می‌شد تا بصورت دمر<sup>۱۹</sup> و با زانوی کاملاً صاف بر روی تخت دراز بکشند. سپس گونیامتر یونیورسال بر روی مفصل میچ پا قرار داده می‌شد، بطوریکه یک بازوی آن در راستای استخوان نازک‌نی و بازوی دیگر آن در راستای استخوان پنجم کف پای قرار داده می‌شد. دامنه‌ی غیرفعال دورسی فلکشن مفصل از وضعیت طبیعی مفصل (صفر درجه) اندازه‌گیری شد<sup>[۱۰،۱۱،۲۴،۲۵]</sup>. جهت حصول اطمینان از وجود یا عدم وجود محدودیت حرکتی دورسی فلکشن میچ پا در نمونه‌های تحقیقی، سعی شد افرادی انتخاب شوند که ۳ درجه از میزان طبیعی دورسی فلکشن میچ پا (۲۰ درجه)<sup>[۹]</sup> فاصله داشته باشند. بر همین اساس افرادی در گروه محدودیت حرکتی قرار می‌گرفتند که دامنه‌ی حرکتی دورسی فلکشن میچ پایشان کمتر از ۱۷ درجه و افرادی در گروه کنترل قرار می‌گرفتند که دامنه‌ی حرکتی دورسی-فلکشن میچ پایشان بیشتر از ۲۳ درجه بود.

عضلات مورد ارزیابی در تحقیق حاضر شامل عضلات پرونتوس لانگوس، گاستروکنمیوس خارجی، سولتوس و تیبیالیس قدامی بودند. به منظور ثبت میزان فعالیت الکتریکی عضلات از دستگاه الکترومیوگرافی سطحی ۱۶ کاناله مدل ME6000 ساخت شرکت Megawin کشور فنلاند استفاده شد. جهت آماده سازی پوست و کاهش مقاومت آن، ابتدا موهای زائد محل مورد نظر با تیغ اصلاح یکبار مصرف تراشیده و سپس با الکل تمیز شد. از الکترودهای چسبیده و یک بار مصرف و از جنس کلرید نقره<sup>۲۰</sup> با سطح مقطع دایره‌ای به قطر ۱۰ میلی‌متر استفاده شد و الکتروگذاری به روش دو قطبی و فاصله مرکز به مرکز الکترودها ۲۰ میلی‌متر در نظر گرفته شد<sup>[۲۶-۲۷]</sup>. ضمناً در الکتروگذاری از روش ارائه شده در استاندارد اروپا<sup>۲۱</sup> تبعیت شد. الکتروگذاری عضله پرونتوس لانگوس در فاصله‌ی یک چهارم سر استخوان فیولا تا قوزک خارجی، الکتروگذاری عضله گاستروکنمیوس خارجی در فاصله‌ی یک سوم سر استخوان فیولا تا مرکز پاشنه پا، الکتروگذاری عضله سولتوس در دو-سوم فاصله میان خطی که کندیل داخلی ران و قوزک داخلی را به هم متصل می‌نماید و الکتروگذاری عضله تیبیالیس قدامی در یک سوم فاصله سر استخوان فیولا و قوزک داخلی در راستای تارهای عضلات و بر روی بطن عضلات انجام گرفت. الکترو زمین نیز در فاصله‌ای مناسب از بطن عضلات و بر روی یک ناحیه‌ی استخوانی چسبانیده شد. همچنین از هر یک از عضلات یک انقباض ارادی بیشینه<sup>۲۲</sup> به منظور دقت بیشتر در تعیین محل اتصال الکترودها، گرفته شد. برای جلوگیری از جابجایی الکترودها و ایجاد اغتشاش در موج ثبت‌شده، الکترودها و کابل‌های آن، بوسیله‌ی چسب کاغذی به بدن ثابت شدند و پیش از ثبت امواج الکترومغناطیس عضلات، امواج از لحاظ وجود نویزهای<sup>۲۳</sup> مزاحم بررسی شدند<sup>[۱۷،۲۰]</sup>.

به منظور بررسی میزان فعالیت عضلات از تکلیف پرش - فرود تک‌پا استفاده شد. پس از آماده شدن کامل فرد، بمنظور آشنایی کامل با تکلیف پرش - فرود تک‌پا، ابتدا توضیحات کاملی در خصوص نحوه‌ی انجام تکلیف، برای نمونه‌های تحقیق ارائه شد. سپس از وی خواسته می‌شد تا با توجه به توضیحات ارائه شده و برای آمادگی بیشتر، تکلیف را برای چند مرتبه تمرین و تکرار نماید. پس از آن و درحالی‌که دستگاه الکترومیوگرافی روشن بود، به منظور ثبت میزان فعالیت الکتریکی عضلات، از وی خواسته می‌شد تا تکلیف را برای پنج بار و با زمان استراحت یک دقیقه بین هر تکرار، انجام دهد. نحوه‌ی انجام تکلیف پرش - فرود تک‌پا بدین صورت بود که از فرد خواسته می‌شد تا بر روی یک پله‌ی ۴۰ سانتی‌متری که با هدف انجام تکلیف پرش - فرود تعبیه شده بود، درحالی‌که دست‌هایش را بر روی کمر خود قرار داده، پای مورد آزمون (پای برتر) را از زانو خم کرده و با پای دیگر بایستد. سپس به میزان پنج درصد قد خود، به بالا پریده و با پای مورد آزمون در مرکز

<sup>17</sup> Mechanical ankle instability

<sup>18</sup> Vestibular

<sup>19</sup> Prone

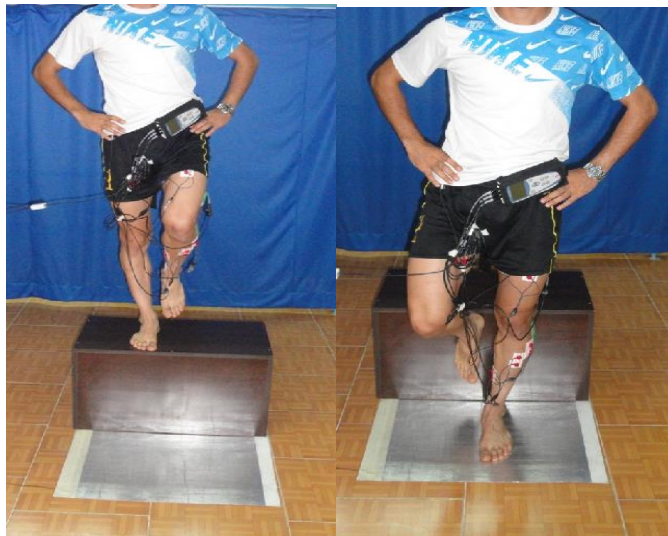
<sup>20</sup> Ag/AgCl

<sup>21</sup> SENIAM

<sup>22</sup> Maximom voluntary coneraction

<sup>23</sup> Noise

دستگاه سوئیچ پای<sup>۲۴</sup> که به منظور ثبت لحظه‌ی تماس پا با زمین ساخته شده بود؛ فرود آید و تعادل خود را برای مدت ۳ ثانیه حفظ نماید (تصویر ۱) [۲۱-۲۸].



تصویر ۱. نحوه انجام تکلیف پرش فرود

میزان فعالیت فیدفوراردی و فیدبکی عضلات، به ترتیب در بازه زمانی ۲۰۰ میلی‌ثانیه پیش از برخورد پا با زمین و ۲۵۰ میلی‌ثانیه پس از برخورد پا با زمین، در نظر گرفته شد. برای انجام این روند با در نظر گرفتن بازه‌های زمانی ذکر شده، سیگنال‌های ثبت شده در این بازه در برنامه Megawin پردازش شدند. در این برنامه سیگنال خام الکترومیوگرافی به وسیله الگوریتم ریشه میانگین مربعات<sup>۲۵</sup> با ثابت زمانی ۵۰ میلی‌ثانیه در نسخه سه این برنامه مورد پردازش قرار گرفت. برای امکان مقایسه بین آزمودنی‌ها و نرمال کردن داده‌ها، مقادیر بدست آمده از محاسبه ریشه میانگین مربعات، به مقادیر بدست آمده از حداکثر انقباض ارادی هر عضله تقسیم شد و میزان فعالیت عضلات به صورت درصدی از حداکثر انقباض ارادی در نظر گرفته شد. هر وضعیت حداکثر انقباض دو بار و به مدت پنج ثانیه تکرار و سپس میانگین داده‌ها مورد استفاده قرار گرفت<sup>[۲۶]</sup>.

برای توصیف متغیرها از آمار توصیفی و برای تجزیه و تحلیل یافته‌ها از آمار استنباطی استفاده شد. داده‌ها بوسیله نرم‌افزار SPSS نسخه ۱۹ مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند. جهت بررسی وجود اختلاف در مشخصات آنترپومتریکی بین دو گروه، از آزمون تی مستقل و برای مقایسه میزان فعالیت عضلات بین دو گروه از روش آماری تحلیل واریانس چند متغیری<sup>(MANOVA<sup>۲۶</sup>)</sup> استفاده شد. سطح معنی‌داری در تمام تجزیه و تحلیل‌های آماری  $P \geq 0.05$  در نظر گرفته شد.

## یافته‌ها

مشخصات مربوط به سن، قد، وزن و دامنه‌ی دورسی فلکشن نمونه‌های تحقیقی به تفکیک گروه مربوطه در جدول شماره ۱ گزارش شده است.

جدول ۱. اختلاف بین مشخصات آنترپومتریکی گروه کنترل (n=۱۵) و گروه دارای محدودیت دورسی فلکشن (n=۱۵)

متغیر	گروه کنترل	دامنه اعداد	گروه محدودیت دورسی فلکشن	دامنه اعداد	P
وزن (کیلوگرم)	۸۰/۸۴±۵/۵۴	۶۷-۸۳	۷۹/۰۶±۵/۳۱	۷۱-۸۳	۰/۵۴
قد (سانتی متر)	۱۸۸±۴/۹۵	۱۷۵-۱۹۰	۱۸۶±۴/۸۷	۱۷۳-۱۹۰	۰/۰۹
سن (سال)	۲۲/۳±۱/۳۶	۲۰-۲۵	۲۲/۶±۱/۳۳	۲۰-۲۴	۰/۹۱
دورسی فلکشن (درجه)	۲۵/۳±۱/۳۱	۲۳-۲۸	۱۲/۹۳±۲/۱۷	۹-۱۶	۰/۰۰

<sup>24</sup> Footswitch

<sup>25</sup> Root mean square

<sup>26</sup> Multivariate analysis of variance

نتایج حاصل از آزمون تحلیل واریانس چند متغیری (MANOVA) برای بررسی اختلاف میانگین میزان فعالیت عضلات دو گروه نشان داد هنگامی که میزان فعالیت هر ۴ عضله توأم با هم در نظر گرفته شوند، در میزان فعالیت فیدفورواری و همچنین فعالیت فیدبکی ۴ عضله بین دو گروه ورزشکاران دارای محدودیت حرکتی دورسی فلکشن و ورزشکاران سالم اختلاف معناداری وجود دارد ( $p < 0.05$ ) (جدول ۲).

جدول ۲: مقایسه میزان فعالیت فیدفورواری و فیدبکی عضلات منتخب، بین دو گروه کنترل ( $n=15$ ) و محدودیت دورسی فلکشن ( $n=15$ )

متغیر	Wilks' $\lambda$	Df	F	.Sig	Partial $\eta^2$
فعالیت فید فورواری	۰/۱۷۶	۴/۰	۲۸/۰۴	۰/۰۱	۰/۸۲
فعالیت فیدبکی	۰/۲۳۶	۴/۰	۱۹/۳۷	۰/۰۱	۰/۷۶

نتایج آزمون‌های بین گروهی<sup>۲۷</sup> نشان داد که بین میزان فعالیت عضلات پروئوس لانگوس، گاستروکنمیوس خارجی و سولئوس بین دو گروه اختلاف معناداری وجود دارد و گروه دارای محدودیت حرکتی دورسی فلکشن نسبت به گروه کنترل، فعالیت کمتری را هم در فعالیت فیدفورواری و هم فعالیت فیدبکی در عضلات ذکر شده نشان دادند ( $P < 0.05$ ). درحالی که میزان فعالیت عضله تیبالیس قدامی بین دو گروه چه در فعالیت فیدفورواری و چه در فعالیت فیدبکی تفاوت معناداری نداشته است ( $p > 0.05$ ) (جدول ۳).

جدول ۳: مقایسه میزان فعالیت فیدفورواری و فیدبکی تک تک عضلات، بین دو گروه کنترل ( $n=15$ ) و گروه دارای محدودیت حرکتی دورسی فلکشن ( $n=15$ )

متغیر	عضله	گروه	میانگین $\pm$ انحراف معیار	دامنه	df	F	Sig.	Partial $\eta^2$	
فعالیت فیدفورواری	پروئوس لانگوس	کنترل	۲۲/۶۱ $\pm$ ۴/۳۵	۱۷-۳۲	۱	۸۹/۰۹	۰/۰۱	۰/۷۶۷	
		محدودیت	۹/۸۷ $\pm$ ۲/۸۹	۵-۱۵	۱	۶/۴۴	۰/۰۱۷	۰/۱۹۳	
	گاستروکنمیوس خارجی	کنترل	۲۱/۰ $\pm$ ۱۱/۸۶	۱۱-۳۵	۱	۱۰/۳۵	۰/۰۰۳	۰/۲۷۷	
		محدودیت	۱۲/۲۵ $\pm$ ۶/۳۸	۵-۲۲	۱	۱/۸۹	۰/۱۸	۰/۰۶۶	
	سولئوس	کنترل	۲۰/۰ $\pm$ ۹/۵۷	۱۲-۳۱	۱	۱۶/۱۲ $\pm$ ۵/۳۴	۱۱/۷۵ $\pm$ ۳/۳۹	۰/۰۰۳	۰/۲۷۷
		محدودیت	۱۱/۷۵ $\pm$ ۳/۳۹	۵-۱۸	۱	۱۹/۲۳ $\pm$ ۶/۸۲	۱۶/۱۲ $\pm$ ۵/۳۴	۰/۱۸	۰/۰۶۶
تیبالیس قدامی	کنترل	۱۹/۲۳ $\pm$ ۶/۸۲	۱۰-۳۵	۱	۱۶/۱۲ $\pm$ ۵/۳۴	۱۱/۷۵ $\pm$ ۳/۳۹	۰/۱۸	۰/۰۶۶	
	محدودیت	۱۶/۱۲ $\pm$ ۵/۳۴	۱۰-۲۷	۱	۴۱/۳۸ $\pm$ ۹/۵۵	۲۳/۴۳ $\pm$ ۴/۴۱	۰/۰۱	۰/۶۲۵	
فعالیت فیدبکی	پروئوس لانگوس	کنترل	۴۱/۳۸ $\pm$ ۹/۵۵	۲۸-۶۱	۱	۳۵/۱۰	۰/۰۱	۰/۵۶۵	
		محدودیت	۲۳/۴۳ $\pm$ ۴/۴۱	۲۷-۳۰	۱	۲۹/۵۵ $\pm$ ۴/۲۸	۵۰/۰ $\pm$ ۱۱/۵۴	۰/۰۱	۰/۵۶۶
	گاستروکنمیوس خارجی	کنترل	۴۸/۱۵ $\pm$ ۱۱/۷	۳۰-۶۹	۱	۲۹/۵۵ $\pm$ ۴/۲۸	۵۰/۰ $\pm$ ۱۱/۵۴	۰/۰۱	۰/۵۶۶
		محدودیت	۲۹/۵۵ $\pm$ ۴/۲۸	۲۰-۳۶	۱	۲۸/۶۱ $\pm$ ۱۰/۷۵	۲۶/۸۱ $\pm$ ۶/۰۳	۰/۵۷۳	۰/۰۱۲
	سولئوس	کنترل	۵۰/۰ $\pm$ ۱۱/۵۴	۳۵-۷۲	۱	۲۸/۶۱ $\pm$ ۱۰/۷۵	۲۶/۸۱ $\pm$ ۶/۰۳	۰/۵۷۳	۰/۰۱۲
		محدودیت	۳۰/۹۳ $\pm$ ۵/۱۷	۲۴-۳۹	۱	۲۶/۸۱ $\pm$ ۶/۰۳	۲۶/۸۱ $\pm$ ۶/۰۳	۰/۵۷۳	۰/۰۱۲
تیبالیس قدامی	کنترل	۲۸/۶۱ $\pm$ ۱۰/۷۵	۲۱-۴۰	۱	۲۶/۸۱ $\pm$ ۶/۰۳	۲۶/۸۱ $\pm$ ۶/۰۳	۰/۵۷۳	۰/۰۱۲	
	محدودیت	۲۶/۸۱ $\pm$ ۶/۰۳	۲۰-۳۹	۱	۲۶/۸۱ $\pm$ ۶/۰۳	۲۶/۸۱ $\pm$ ۶/۰۳	۰/۵۷۳	۰/۰۱۲	

## بحث

تحقیق حاضر به مقایسه‌ی میزان فعالیت فیدفورواری و فیدبکی عضلات منتخب میج یا بین ورزشکاران دارای محدودیت حرکتی دورسی فلکشن میج یا و ورزشکاران سالم، در دو مرحله‌ی پیش و پس از تماس پا با زمین، حین انجام تکلیف پرش- فرود تک پا پرداخته است. نتایج تحقیق نشان داد که ورزشکاران دارای محدودیت حرکتی دورسی فلکشن، میزان فعالیت کمتری را در هر دو مرحله‌ی پیش و پس از تماس پا با زمین در

<sup>27</sup> Between subject



عضلات پرونتوس لانگوس، گاستروکنمیوس خارجی و سولئوس، به نمایش می‌گذارند. درحالی‌که میزان فعالیت عضله‌ی تیبیالیس قدامی در بین دو گروه، در هیچ یک از دو مرحله‌ی پیش و پس از تماس پا با زمین، اختلاف معنی‌داری نداشت.

بر اساس دانسته‌های محققین، تحقیقات بسیار اندکی در ارتباط با مقایسه‌ی میزان فعالیت عضلات اطراف مچ پا در ورزشکاران دارای محدودیت حرکتی دورسی فلکشن مچ پا با ورزشکاران سالم انجام شده است. در این ارتباط تنها می‌توان از تحقیق ماکروم و همکاران نام برد که نتایج تحقیق آنها نیز درخصوص فعالیت عضلات گاستروکنمیوس خارجی و سولئوس، با نتایج تحقیق حاضر همسو نمی‌باشد<sup>[۱۷]</sup>. ماکروم و همکاران با قرار دادن یک سطح شیب‌دار در قسمت جلو پای افراد غیرورزشکار، حین انجام تکلیف غیرفانکشنال اسکات دوپا به صورت غیرطبیعی دامنه‌ی حرکتی دورسی فلکشن آنها را محدود کردند. نتایج تحقیق آنها نشان داد که اعمال این مداخله علاوه بر تغییر کینماتیک اندام تحتانی، باعث افزایش سطح فعالیت عضله‌ی سولئوس و بی‌تغییر ماندن سطح فعالیت عضله‌ی گاستروکنمیوس خارجی شد. همچنین نتایج آنها نشان داد که فعالیت عضلات وستوس مدیالیس و وستوس لترالیس زانو دچار کاهش شده است. آنها در توجیه نتایج خود بیان داشتند که کاهش فعالیت عضلات زانو احتمالاً بدلیل تغییر در کینماتیک اندام تحتانی بوده است. همچنین افزایش فعالیت عضله‌ی سولئوس را به نقش محافظتی این عضله در کنترل الگوهای حرکتی مفصل مچ پا نسبت داده‌اند. احتمالاً دلیل همسو نبودن نتایج تحقیق حاضر با نتایج تحقیق ماکروم و همکاران، در نوع تکلیف انجام شده و آزمودنی‌های تحقیق و همچنین علت محدودیت دورسی فلکشن مچ پا می‌باشد. چرا که اولاً تکلیف انجام شده در تحقیق ماکروم و همکاران، اسکات دوپا بوده است که یک تکلیف استاتیک و غیرفانکشنال در مورد اسپرین مچ پا می‌باشد. اما تکلیف تحقیق حاضر پرش - فرود تک‌پا (که یک تکلیف فانکشنال است) می‌باشد. ثانیاً نمونه‌های تحقیق ماکروم و همکاران افراد غیرورزشکار بوده‌اند؛ این درحالیست که تحقیق حاضر بر روی افراد ورزشکار انجام شده است. همچنین در تحقیق ماکروم و همکاران، دامنه‌ی حرکتی دورسی فلکشن مچ پا افراد بصورت غیرطبیعی و با قرار دادن یک سطح شیب‌دار در زیر پای افراد محدود شده بود. این موضوع باعث می‌شد تا عضلات پلانترافلکسور مچ پا در حالت کاملاً کشیده قرار بگیرند؛ درحالی‌که تحقیق حاضر بر روی افرادی انجام شده است که عضلات پلانترافلکسور مچ پایشان دچار کوتاهی است و این افراد خود بطور طبیعی دارای محدودیت حرکتی دورسی فلکشن می‌باشند.

کاهش فعالیت عضلات پیش از تماس پا با زمین (فعالیت فیدفوروآردی) را می‌توان به تغییر در برنامه‌های از پیش طراحی شده‌ای که از سیستم عصبی مرکزی به عضلات فرستاده می‌شود، نسبت داد<sup>[۲۰،۲۲]</sup>. تغییر در برنامه‌های از پیش طراحی شده‌ی ارسالی از سیستم عصبی مرکزی که در این تحقیق مشاهده شده است را می‌توان این‌گونه توجیه کرد که محدودیت حرکتی دورسی فلکشن در درازمدت منجر به اختلال در حس عمقی مفصل مچ پا می‌شود<sup>[۲۹،۳۱]</sup>. اختلال در حس عمقی مفصل مچ پا نیز منجر به تغییر در پیام‌های آوران ارسالی از مفصل به سیستم عصبی می‌شود. پیام‌های آوران تغییر یافته، در دراز مدت می‌تواند تغییرات نوروفیزیولوژیک گسترده از جمله تغییر در فرمان‌های حرکتی که چه به صورت فیدفوروآردی و چه به صورت فیدبکی به عضلات ارائه می‌شوند را موجب شود<sup>[۲۹،۳۰]</sup>. وظیفه‌ی اصلی سیستم کنترل حرکتی بدن انسان، برقراری ارتباط بین پیام‌های آورانی که از قسمت‌های مختلف بدن انسان به سیستم عصبی فرستاده می‌شود و فرمان‌های حرکتی ارسالی از مراکز کنترل حرکتی به مناطق مختلف بدن می‌باشد<sup>[۲۰]</sup>.

فعال‌سازی مناسب عضلات مچ پا توسط برنامه‌های از پیش طراحی شده کنترل حرکتی ارائه شده از جانب سیستم عصبی، پیش از تماس پا با زمین، نقش مهمی در ایجاد ثبات و استحکام مفصل مچ پا و جلوگیری از بروز آسیب در هنگام فرود پس از پرش ایفا می‌کند. Miller موثرترین راه برای حفظ ثبات در مفصل مچ پا هنگام انجام تکالیف دینامیک نظیر پرش - فرود را فعال‌سازی مناسب عضلات اورتور، پیش از تماس پا با زمین بیان می‌کند<sup>[۲۴]</sup>. عضله‌ی پرونتوس لانگوس، مهم‌ترین اورتوز مفصل مچ پا و مهم‌ترین ثبات‌دهنده‌ی مفصل در برابر نیروهای ناگهانی اینورتوری است. کاهش فعالیت فیدفوروآردی این عضله پیش از تماس پا با زمین، باعث خطا در وضعیت قرارگیری مفصل مچ پا هنگام تماس پا با زمین، حین پرش - فرود و به دنبال آن تغییر در نیروهای وارده به مفصل در صفحه‌ی فروتال شده و مچ پا را در معرض چرخش اینورژنی و آسیب به لیگامان‌های خارجی قرار می‌دهد<sup>[۲۰،۲۵]</sup>. این موضوع از این جهت حائز اهمیت است که نتایج تحقیق حاضر نشان داد که عضله‌ی تیبیالیس قدامی که از لحاظ آناتومیکی آنتاگونیست<sup>۲۸</sup> عضله‌ی پرونتوس لانگوس می‌باشد، هیچ کاهشی را در میزان فعالیت فیدفوروآردی و فیدبکی خود در گروه دارای محدودیت حرکتی دورسی فلکشن نشان نداد. بر همین اساس کاهش فعالیت فیدفوروآردی مشاهده شده در عضله‌ی پرونتوس لانگوس نسبت به عضله‌ی تیبیالیس قدامی در گروه دارای محدودیت حرکتی دورسی فلکشن، منجر به برهم خوردن رابطه‌ی هم-انقباضی بین عضلات آگونیست<sup>۲۹</sup> و آنتاگونیست مفصل ساب‌تالار شده و می‌تواند بازوی گشتاور مفصل ساب‌تالار را پیش از تماس پا با زمین، به

<sup>28</sup> Antagonist

<sup>29</sup> Agonist

سمت اینورژن برده که این تغییر وضعیت مفصل، منجر به افزایش نیروی عکس‌العمل زمین در لحظه‌ی تماس پا با زمین در جهت اینورژن شده و این مفصل را در معرض آسیب اسپرین خارجی قرار دهد<sup>[۲۰]</sup>.

Suda عضله‌ی گاستروکنمیوس خارجی را یک عضله‌ی کلیدی در ایجاد ثبات مفصل مچ پا در هنگام انجام تکالیف پویای ورزشی نظیر پرش- فرود برمی‌شمرد<sup>[۲۱]</sup>. Wilkstrom نیز در تایید گفته‌های سودا بیان می‌دارد که انجام یک پرش- فرود موفق و ایمن، نیازمند فعالیت مناسب عضله‌ی گاستروکنمیوس خارجی، پیش از تماس پا با زمین می‌باشد. چراکه عملکرد این عضله به منظور مقاومت در برابر سقوط ناگهانی اندام تحتانی، بوسیله‌ی بکارگیری گشتاور اکستنسوری مناسب و در جهت کاهش شتاب بدن به سمت پایین، مهم و ضروری است<sup>[۱۸]</sup>. بنابراین با توجه به گفته‌های سودا و ویلکستروم، نقش بارز عضله‌ی سولئوس نیز در انجام تکالیف پویای ورزشی نظیر پرش- فرود، نمایان می‌شود. چراکه عضله‌ی سولئوس از نظر عملکردی شباهت زیادی به عضله‌ی گاستروکنمیوس خارجی در تولید گشتاور اکستنسوری مچ پا در جهت کاهش شتاب بدن به سمت پایین و ایجاد ثبات در این مفصل دارد.

یافته‌های علمی بیان می‌کنند که برخلاف فعالیت فیدفورواری عضلات که عمدتاً بوسیله‌ی برنامه‌های از پیش طراحی شده سیستم عصبی وارد عمل می‌شود، فعالیت فیدبکی عمدتاً بصورت رفلکسی و در پاسخ به اطلاعات ارسالی از حس وضعیت مفصل، وارد عمل می‌شود. در واقع حس وضعیت یک تنظیم کننده ثانویه است که در فعال‌سازی فیدبکی عضلات نقش دارد<sup>[۳۰،۳۱]</sup>. محدودیت حرکتی دورسی‌فلکشن باعث تغییر در محور چرخشی مفصل می‌شود که این تغییر باعث وارد آمدن استرس غیرطبیعی به بافت‌های اطراف، و نهایتاً اختلال در حس وضعیت مفصل و پیام‌های آوران ارسالی به سیستم عصبی می‌شود<sup>[۲۹]</sup>. همان‌طور که پیش از این نیز گفته شد وظیفه‌ی اصلی سیستم کنترل حرکتی بدن انسان، برقراری ارتباط بین پیام‌های آورانی که از قسمت‌های مختلف بدن انسان به سیستم عصبی فرستاده می‌شود و فرمان‌های حرکتی ارسالی از مراکز کنترل حرکتی به مناطق مختلف بدن، می‌باشد<sup>[۲۰]</sup>. طبیعی است زمانیکه اطلاعات ناصحیح از حس وضعیت به سیستم عصبی فرستاده شود، پاسخ فیدبکی سیستم عصبی نیز بصورت ناصحیح و ناکارآمد ارائه خواهد شد.

فعالیت فیدبکی عضلات مچ پا، بخصوص عضلات پلانترافلکسور مچ پا در تولید گشتاور اکستنسوری در مچ پا به منظور کنترل صحیح حرکت بدن به سمت پایین حین فرود و جذب نیروی عکس‌العمل زمین ضروری می‌باشد<sup>[۸،۱۱]</sup>. این ضرورت زمانی بیشتر به چشم می‌آید که فعالیت فیدفورواری عضلات دچار اختلال شده باشد. چراکه ثبات مفصل بوسیله‌ی تعامل هر دو مکانیسم فعال‌سازی فیدفورواری و فیدبکی عضلات تامین می‌شود<sup>[۲۸]</sup>. بنابراین زمانی که هر یک از این دو مکانیسم فعال‌سازی دچار اختلال شود، ثبات مفصل نیز به خطر می‌افتد<sup>[۱۰-۳۱،۲۸،۱۱]</sup>.

## نتیجه‌گیری

با توجه به نتایج تحقیق حاضر که نشان از اختلال در هر دو مکانیسم فعال‌سازی فیدفورواری و فیدبکی عضلات پروئوس لانگوس، گاستروکنمیوس خارجی و سولئوس در مچ پا دارد، می‌توان نتیجه گرفت که محدودیت دورسی‌فلکشن مچ پا می‌تواند باعث اختلال در عملکرد عصبی- عضلانی برخی از عضلات اطراف مچ پا که وظیفه‌ی مهم تامین ثبات در این مفصل را به عهده دارند؛ شود و نهایتاً احتمال وقوع آسیب به لیگامان‌های خارجی مچ پا را افزایش دهد. لذا توصیه می‌شود که در انجام کلیه برنامه‌های غربالگری ورزشکاران، پیش از شروع فصل یا حتی در طول برگزاری مسابقات، به دامنه‌ی حرکتی مفصل مچ پای ورزشکاران و به‌خصوص دامنه‌ی حرکتی دورسی‌فلکشن مچ پا توجه ویژه شود تا این عامل خطرزای آسیب اسپرین مچ پا، کنترل شود. همچنین توصیه می‌شود پس از شناسایی افراد دارای محدودیت حرکتی، علاوه بر طراحی تمرینات انعطاف‌پذیری مفصل مچ پا و با توجه به برهم خوردن کنترل حرکتی و عملکرد نامناسب سیستم عصبی- عضلانی، نسبت به طراحی تمرینات عصبی- عضلانی، جهت بهبود و ارتقاء عملکرد عصبی- عضلانی این افراد اقدام شود.

## تشکر و قدردانی

این مقاله برگرفته از پایان‌نامه کارشناسی ارشد در رشته تربیت‌بدنی و علوم ورزشی به نگارش محمد کلانتریان، به راهنمایی دکتر هومن مینونژاد و مشاوره دکتر رضا رجبی می‌باشد. بدینوسیله از تمام افرادی که ما را در انجام این تحقیق یاری رساندند، تشکر و قدردانی می‌نماییم.

## منابع

1. Bahr R, Engebretsen L. Sport Injury Prevention. 1 ed; IOC publishers; 2009.
2. Dastmanesh S, Shojaeddin S. The Effect of core stabilization training on postural control in subjects with chronic ankle instability. journal of jahrom University of Medical Science. 2011; 9: 14-22.[In persian]
3. Daniel TP Fong, Yue-Yan Chan, Kam-Ming Mok, Patrick SH Yung, and Kai-Ming Chan. Understanding acute ankle ligamentous sprain injury in sports. Sports Med Arthrosc Rehabil Ther Technol. 2009;1:14.
4. Delahunt E, Monaghan K, Caulfield B. Changes in lower limb kinematics, kinetics, and muscle activity in subjects with functional instability of the ankle joint during a single leg drop jump. Journal of orthopaedic research 2006; 24(10):1991-2000.



5. Hoch MC, Staton GS, Medina McKeon JM, Mattacola CG, McKeon PO. Dorsiflexion and dynamic postural control deficits are present in those with chronic ankle instability. *J Sci Med Sport*. 2012;15(6):574-9.
6. Willems TM, Witvrouw E, Delbaere K, Mahieu N, De Bourdeaudhuij I, De Clercq D. Intrinsic Risk Factors for Inversion Ankle Sprains in Male Subjects A Prospective Study. *The American journal of sports medicine* 2005; 33(3):415-423.
7. Beynnon BD, Murphy DF, Alosa DM. Predictive factors for lateral ankle sprains: a literature review. *Journal of athletic training*. 2002; 37(4):376-380.
8. Canavan PK, Roncarati M, Lyles K, Kenney R. Clinical Evaluation & Testing-Off-Season Screening of an NCAA Division 1 Men's Basketball Team. *International Journal of Athletic Therapy and Training*. 2012; 17(5):28-32.
9. Tabrizi P, McIntyre W, Quesnel M, Howard A. Limited dorsiflexion predisposes to injuries of the ankle in children. *Journal of Bone & Joint Surgery*. 2000; 82(8):1103-6.
10. Chun-Man Fong, Troy Blackburn, Marc F Norcross, Melanie MacGrath and Darin A Padua. Ankle-Dorsiflexion Range of Motion and Landing Biomechanics. *Journal of athletic training*. 2011; 46(1):5-10
11. Marie A Johanson, Alanna Cooksey, Caroline Hillier, Heather Kobbeman and Amy Stambaugh. Heel Lift and the Stance Phase of Gait in Subjects With Limited Ankle Dorsiflexion. *Journal of athletic training*. 2006; 41(2):159-165
12. Zoran Sarcevic. Limited Ankle Dorsiflexion: A Predisposing Factor to Morbus Osgood Schlatter? *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*. 2008;16(8):726-8.
13. Josipa Bradic, Erol Kovacevic and Asim Bradic. Dorsiflexion Range of Motion Does Not Significantly Influence Balance In Physically Active Young Women. *Homo Sporticus*. 2012; Issue(2): 19-22
14. Youdas JW, McLean TJ, Krause DA, Hollman JH. Changes in active ankle dorsiflexion range of motion after acute inversion ankle sprain. *Journal of sport rehabilitation*. 2009; 18(3):358-374.
15. Martin D, Wiesler E, Hunter D, Curl W, Batson G, Hoen H. Ankle Flexibility and Injury Patterns in Dancers. *Southern Medical Journal*. 1996; 89(10):95.
16. Lindsjo U, Danckwardt-Lilliestrom G, Sahlstedt B. Measurement of the motion range in the loaded ankle. *Clin Orthop Relat Res*. 1985;(199):68-71.
17. Macrum E, Robert Bell D, Boling M, Lewek M, Padua D. Effect of Limiting Ankle-Dorsiflexion Range of Motion on Lower Extremity Kinematics and Muscle-Activation Patterns During a Squat. *Journal of sport rehabilitation*. 2012; 21(2):144-150.
18. Wikstrom EA, Tillman MD, Schenker SM, Borsa PA. Failed jumplanding trials: deficits in neuromuscular control. *Scand J Med Sci Sports*. 2008;18(1):55-61.
19. Hamilton M, MS, ATC and James R, Velasquez. Ankle flexibility and jump landing mechanics: implication for ACL injury risk. *international journal of athletic therapy and training*. 2011; 46: 5-10
20. Caulfield B, Crammond T, O Sullivan A, Reynolds S, Ward T. Altered ankle-muscle activation during jump landing in participants with functional instability of the ankle joint. *Journal of sport rehabilitation*. 2004; 13(3):189-200.
21. Suda EY, Amorim CF, de Camargo Neves Sacco I. Influence of ankle functional instability on the ankle electromyography during landing after volleyball blocking. *Journal of Electromyography and Kinesiology*. 2009; 19(2):84-93.
22. Samadi H. Effect of neuromuscular training on electromyographic characters of ankle muscles and stability perception in male athlete with functional ankle instability. university of tehran; (PHD thesis) 2013. [In persian]
23. Silvers H J, Mandelbaum B. acl injury prevention in athletes. *Journal of Sport Orthotrauma*. 2011; 27(41):18-26.
24. Molgaard C, Rathleff MS, Simonsen O. Patellofemoral pain syndrome and its association with hip, ankle, and foot function in 16- to 18-year-old high school students: a single-blind case-control study. *J Am Podiatr Med Assoc*. 2011;101(3):215-22.
25. Moghadam A, Keshavarz R. The Lengths of Knee and Ankle Muscles in Patellofemoral Pain Syndrome. *Iranian Journal of Orthopaedic Surgery*. 2009; 7(4):172-8. [In persian]
26. Haddadnezhad M. Comparing the effect of functional stabilization and plyometric training on lumbo-pelvic muscle electromyography index of active females with trunk control deficit (prone to acl injury). university of tehran; (PHD thesis) 2013. [In persian]

27. Minoonezhad H. The electromyographic study of a six week open closed and combined kinematic chain exercises on anterior knee pain syndrom. university of tehran; (PHD thesis) 2012. [In persian]
28. Caulfield B. Garrett M. Changes in ground reaction force during jump landing in Subjects with functional instability of the ankle joint. Clin Biomech (Bristol, Avon). 2004;19(6):617-21.
29. Hubbard TJ, Hertel J. Mechanical contributions to chronic lateral ankle instability. Sports Medicine 2006; 36(3):263-77.
30. Bryan L, Riemann, Scott M, Lephart. The Sensorimotor System, Part II: The Role of Proprioception in Motor Control and Functional Joint Stability. Journal of Athletic Training .2002; 37(1): 80-84
31. Vladimir Mrdakovic, Dusko B. Ilic, Nenad Jankovic, Zeljko Rajkovic and Djordje Stefanovic. Pre-activity Modulation of lower Extremity Muscles Within Different Types and Heights of Deep Jump. J Sports Sci Med. 2008;7(2):269-78.